

Android 端末と OpenCV を用いたテニスボール追跡

山崎直人† 中屋敷かほる† 坂東忠秋†

関東学院大学 理工学部†

1 はじめに

画像処理によってテニスボールの追跡を行い、打点の位置やボールコースの確認を行うことを目的とする。既存のシステムとして、ウィンブルドンなどで使用される「ホークアイ」と呼ばれるシステムがあるが、これは高速・高精細カメラを多数使用したシステムで、コートの状態や照明も最良の環境である。これに対して、本研究ではスマートホンのカメラを使用し、一般的な屋外のコートで撮影を行う。

追跡の方法として、OpenCV を用いてボールの色情報を利用した追跡を行う。その際、天候だけでなく背景の映り込みによってボールの色が大きく変化してしまうことが判った。このため、初期設定段階で、①ボールを切り出し、②色分布抽出、③追跡を行い、追跡できなくなったフレームで再度①～③を繰り返すことによってボールの追跡精度を上げる。

2 システム概要

スマートホンのカメラで撮影を行い、屋外にある一般的なオムニコートでの撮影をする。カメラの位置は、プレイヤーから見て右側に設置する。スマートホンの解像度は 1920×1080 であり、30fps である。

本研究では OpenCV の Color Blob Detection (以下 CBD) をベースに機能を追加したものを用いて追跡を行う。

本来、CBD はリアルタイムでタッチをした座標の周囲 8×8 の平均色を求め、求めた平均色から ±Δ (固定値) の範囲の色領域を抽出するプログラムである。



図1 撮影方法と CBD 実行図

テニスボールの追跡に CBD を使用する際、リアルタイムで高速で移動しているボールをタッチす

Tennis Ball Tracking with Android device and OpenCV

Naoto Yamazaki †

Kahoru Nakayashiki †

Tadaaki Bando †

College of Science and Engineering,

Kanto Gakuin University †

ることは困難である。この問題を解決するために、リアルタイムではなく録画画像を使用し、再生・一時停止機能の追加を行った。

実験を行ったところ、数フレームだけしか追跡ができなかったり、ボール色に近いコートの一部も抽出してしまったりといった問題が発生したため、ボールの色分布を調査することにした。

3 ボールの色分布

色分布を調査するために、画像を拡大表示してボールエリアを切り出せるように機能を追加した。また、元々はタッチした座標の周囲 8×8 の平均色から抽出色を決めていた。これを、サイズを拡大・縮小できる円でボールの範囲全体を指定できるようにして、ボールの色分布を求めた。

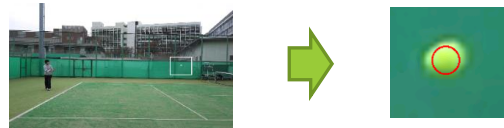
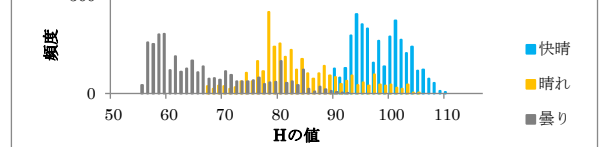


図2 ボールの選択

分布を測定した結果、太陽による光の強さによってボールの色分布、特に色相Hが大きく変わることが分かった。この分布を図3に示す。



図3 天気による色相の変化



また、背景色がボールに映り込んで、色相Hが変化することが分かった。これは特にボールが小さく映っている時に顕著に表れる。背景によるボール色 の変化例を図4に示す。

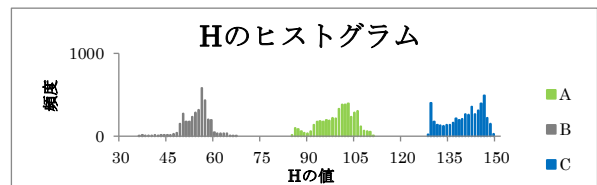
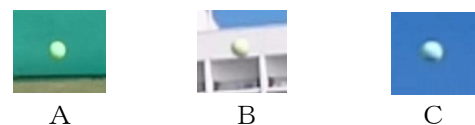


図4 背景の映り込みによる色相の変化

4 ボールの追跡方法

4.1 ボールの色分布での追跡

まずボールの色分布を考慮した追跡を行うために、抽出する範囲を色分布の標準偏差 σ を用いて、 $\pm\sigma$ 、 $\pm2\sigma$ 、 $\pm3\sigma$ の範囲で実験を行った。 $\pm\sigma$ ではボールを抽出しないことが多く、 $\pm2\sigma$ ではボールのみを抽出するフレームが多く、 $\pm3\sigma$ ではボールだけではなく、コートの一部も抽出していた。そのため、 $\pm2\sigma$ で実験を進めることにした。

4.2 複数色での追跡

前項で述べた通り、天気などによってボールの色が変化してしまっていて追跡を行えなくなるため、複数色の色分布を考慮した追跡を行えるように機能を追加した。

追跡できなくなったフレームで一時停止をし、追跡できなかったボールを選択して色分布を保存することで、複数の色での追跡を行えるようになった。ここで、図5に3つの色分布で追跡を行った実験画面を示す。

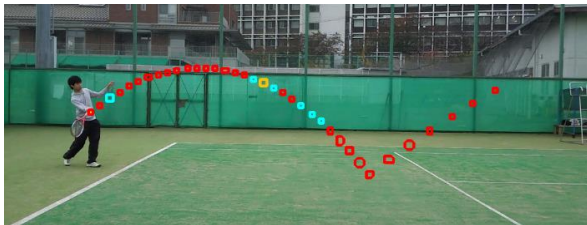


図5 3つの色による追跡

図5に示した追跡結果において、HSVそれぞれの分布を調査したところ、色相Hに大きく変化が見られた。色相Hの分布を図6に示す。

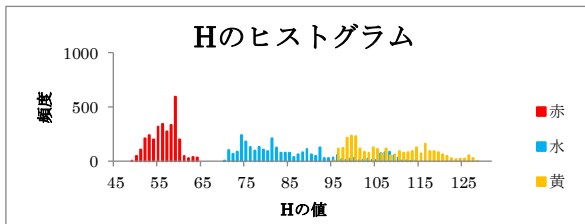


図6 複数色での追跡における色相Hの分布
また、ボールとコートの色分布が似ていることからコートも抽出してしまう場合があった。そのため抽出範囲を、ボールの $\pm2\sigma$ の範囲で選択したものから、コート $\pm\sigma$ の分布を除いたもので設定して実験を行うとコートの抽出をかなり抑えることができた。これは、ボールとコートの色相分布が異なるためである。実行結果を図7に示し、ボールとコートの分布を図8に示す。

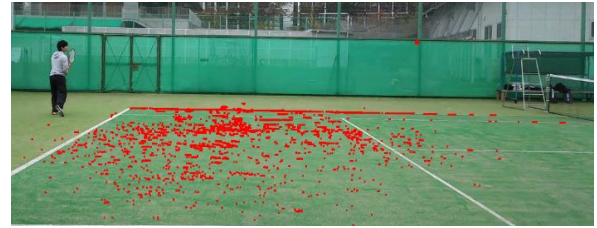


図7 抽出範囲を変更して実験

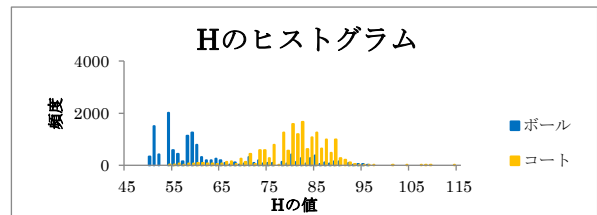


図8 ボールとコートの色相H

5 実験結果

実際に追跡実験を行った結果を表1に示す。今回は合計616フレームで実験を行った。ボールの追跡はすべてのフレームで行うことができた。しかし、約17%はボールだけでなくコートの一部も抽出してしまった。コートの一部も抽出してしまう場合には大きく2つの要因があることが判明した。1つ目は、日差しが強いためボールの上部が白っぽく、下部が黒っぽくなってしまっている場合である。2つ目はボールが小さく映っていることで背景色の映り込みの影響が大きい場合である。前項に述べた方法でコートの抽出を抑えることはできたが、完全に抑えることはできなかった。

表1. 追跡実験結果

	単色	複数色
ボール抽出数	549(89%)	616(100%)
ノイズ抽出数	47(7%)	104(17%)

6 まとめ

Android端末とOpenCvを用いてテニスボールの追跡を行った。OpenCvのサンプルプログラムであるColor Blob Detectionを元に機能の追加や変更をした。背景や天気によってテニスボールの色、特に色相Hが変化するため、複数色での追跡を行えるようにした結果、約83%の割合で正確にボールだけを追跡することができた。